

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Konstrukce a výroba univerzální montážní
podložky pro elektromotory**

**Design and Production of the Universal
Assembly Plate for Electric Motors**

Student:

Bc. Michal Chytil

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.

Ostrava 2014



VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Chytil**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **2303T002 Strojírenská technologie**
Specializace: **20 Strojírenská technologie**
Téma: **Konstrukce a výroba univerzální montážní podložky pro elektromotory**
Design and Production of the Universal Assembly Plate for Electric Motors

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu výroby elektromotorů.
2. Návrh univerzální montážní podložky.
3. Výroba univerzální montážní podložky.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení návrhu.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

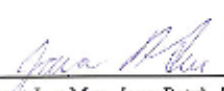
- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-240-1541-6.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-240-1022-1.
- [3] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007, s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentální metody v tržském obrábění*. Žilina : EDIS Žilina, 2007, s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [5] WHITNEY, Daniel E. *Mechanical Assemblies : Their Design, Manufacture, and Role in Product Development*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2004. 518. p. ISBN 0-19-515782-6.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing.et Ing.Mgr. Jana Petřů, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013
Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing.et Ing.Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřisečné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.5. 2014

.....
podpis studenta



Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 19.5. 2014

Michal Chytil
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Michal Chytil

Adresa trvalého pobytu autora práce: Severní 710/4

Mohelnice

78985



ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

CHYTIL, M. Konstrukce a výroba univerzální montážní podložky pro elektromotory: *diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 50 s. Vedoucí práce: Petrů, J.

Tato diplomová práce se zabývá konstrukcí a výrobou nové univerzální montážní podložky pro elektromotory. Tato montážní podložka je určena pro úsek předmontáže osových výšek AH 100 až AH 132 mm, v nové výrobní hale firmy Siemens s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice. Na základě technologických požadavků byla zkonstruována montážní podložka ve dvou variantách. Konstrukce byla provedena v 3D CAD programu, ze kterého je k dispozici výkresová dokumentace v příloze diplomové práce.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

CHYTIL, M. Design and Production of the Universal Assembly Plate for Electric Motors: *Diploma Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2014, 50 p. Thesis head: Petrů, J.

This diploma thesis is based on the design and production of a new assembly plate determined for electric motors. The assembly plate is used for the final assembly of electric motors of axial height AH 100 to AH 132 mm in a new production hall of company Siemens s.r.o. odštěpný závod Elektromotory Mohelnice. Based on the technology requirements have been designed assembly plate in two variants. Equipment designing has been performed in 3D CAD software which is able to provide with drawings in the enclosure of the diploma thesis.



Poděkování

Děkuji tímto vedoucí diplomové práce Ing. et Ing. Mgr. Janě Petrů, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Poděkování patří i firmě Siemens s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice za umožnění zpracování tohoto projektu.



Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
Úvod	10
1. Představení mezinárodní společnosti Siemens	11
1.1 Firma Siemens s.r.o. Mohelnice	12
1.2 Výrobní portfolio firmy Siemens s.r.o. Mohelnice	13
1.3 Výroba elektromotoru	14
2. Analýza stávající technologie výroby	16
2.1 Nové pracoviště předmontáže AH 100 - 132	16
2.2 Technologické operace předmontáže	18
3. Konstrukční návrh montážní podložky	26
3.1 Definice a rozdělení přípravků	26
3.1.1 Zásady konstrukce přípravků	27
3.2 Návrh montážní podložky	28
3.3 Vlastní návrh montážní podložky	29
3.4 Konstrukční popis montážní podložky	30
3.4.1 Montážní podložka pro elektromotory s patkami	30
3.4.2 Montážní podložka pro elektromotory bez patek	34
4. Výroba montážní podložky	38
4.1 Technologický postup výroby montážní podložky	39
5. Technicko – ekonomické zhodnocení	45
Závěr	47
Seznam použité literatury	48
Seznam příloh	50



Seznam použitých značek a symbolů

ZKRATKA	VÝKLAD	JEDNOTKA
D	Průměr pružné opěrky	[mm]
D_1	Průměr kuličky	[mm]
D_2	Průměr osazení	[mm]
D_3	Průměr závitu	[mm]
D_4	Průměr plastového úchytu	[mm]
$D_{\check{c}}$	Průměr čepu	[mm]
D_{ob}	Obráběný průměr	[mm]
F_1	Síla pružiny na začátku	[N]
F_2	Síla pružiny na konci	[N]
H	Přesah	[mm]
L	Celková délka	[m]
L_{ob}	Délka obrobku	[m]
L_1	Délka závitu	[mm]
L_2	Výška šestihranu	[mm]
M_k	Krouticí moment	[N.m]
m	Hmotnost	[kg]
n	Otáčky	[min ⁻¹]
P	Výkon	[W]
R	Vrubová houževnatost	[J.cm ⁻²]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti	[MPa]
SW	Velikost šestihranu	[mm]
t	Celsiova teplota	[°C]
v	Rychlost	[m.s ⁻¹]
ρ	Měrná hmotnost	[kg.m ⁻³]
$\Sigma t_{\text{předmontáže}}$	Celkový čas operací na předmontáži	[min]
$\Sigma t_{\text{výr}}$	Celkový čas výroby	[hod]
AH	Osová výška	[mm]
$B3$	Kostra elektromotoru s patkami	
$B5$	Kostra elektromotoru bez patek	



<i>LA</i>	Starší řada elektromotorů
<i>LE</i>	Nová řada elektromotorů
<i>SAP</i>	Systems – Applications – Products (softwarový produkt pro řízení podniku)
<i>CNC</i>	Computer Numeric Control (počítačem číslicově řízený)
<i>CAD</i>	Computer Aided Design (počítačem podporovaný návrh)
<i>PLC</i>	Programmable Logic Controller (programovatelný logický automat)
<i>EDM</i>	Electrical Discharge Machining (elektroerozivní obrábění)
<i>3D</i>	Trojrozměrný
<i>2D</i>	Dvojitrozměrný



Úvod

Předmětem této diplomové práce je konstrukce a výroba nové univerzální montážní podložky pro předmontáž elektromotorů osových výšek AH 100 až AH 132 mm pro závod Siemens s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice. Montážní podložka bude zkonstruována ve dvou provedení pro elektromotory s patkami i pro elektromotory bez patek. Bude využívána v nové výrobní hale v mohelnickém závodě, která je určena pro předmontáž a finální montáž speciálních zákaznických provedení elektromotorů. Montáž elektromotoru se provádí na montážním dopravníku, na kterém se pomocí válečků pohybuje montážní podložka s elektromotorem.

V úvodní části bude představena firma Siemens s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice, která mi umožnila zpracovat tuto diplomovou práci a ve které jsem zaměstnán jako konstruktér v nástrojárně. Podíváme se do historie firmy a také na současnou situaci a výrobní portfolio.

Teoretická část bude zaměřena na úsek předmontáže, pro kterou jsou montážní podložky určeny. Budou popsány jednotlivé technologické operace, které se na montážní lince vykonávají. Na úsek předmontáže navazuje finální montáž elektromotoru, povrchová úprava a expedice.

V praktické části bude detailní konstrukční popis montážní podložky a technologický postup výroby této podložky. V závěru provedu technicko-ekonomické zhodnocení.



1. Představení mezinárodní společnosti Siemens

Firma Siemens AG byla založena Wernerem von Siemensem v Berlíně před více než 165 lety a v současné době patří mezi největší elektrotechnické a elektronické koncerny. V současnosti zaměstnává po celém světě zhruba 370 000 lidí a má své zastoupení ve 190 zemích světa.

Hlavní obory podnikání společnosti Siemens jsou **průmysl** (Sektor Industry je světovou jedničkou oblasti systémů a řešení pro průmyslovou výrobu, dopravu, budovy a osvětlovací systémy. Patří sem produkty - automatizační systémy, pohony, elektromotory, nízkonapěťová spínací technika). **Energetika** (Sektor Energy patří mezi přední světové dodavatele produktů, řešení a služeb pro výrobu, přenos a distribuci energie, stejně jako výrobu, zpracování a transport ropy a zemního plynu. Patří sem produkty - pohony generátorů, parní turbíny, plynové turbíny, turbogenerátory). **Zdravotnictví** (Komplexní zdravotní péče od jednoho dodavatele kombinující nejmodernější laboratorní diagnostiku se zobrazovacími systémy a specializovanými informačními technologiemi. Patří sem produkty - CT, mamografie, rentgeny, ultrazvuky). **Veřejná infrastruktura** (Realizace projektů v oblasti dopravních systémů, inteligentní logistiky, efektivní distribuce energie a moderních technologií pro budovy, které jsou šetrné vůči životnímu prostředí. Patří sem produkty - vlaky, metra, automatizace budov, požární ochrana).

Siemens Česká republika patří mezi největší elektrotechnické firmy v Česku. Firma Siemens na Českém území působila již koncem 19. století, po pádu komunismu se vrátila roku 1990. K roku 2013 vytváří 10,5 tisíce pracovních míst, což je řadí mezi největší zaměstnavatele v Česku. Své technologie, produkty a služby dodává zákazníkům ze soukromého i státního sektoru v oblasti energetiky, zdravotnictví, průmyslové a veřejné infrastruktury a informačních technologií. Výrobní závody můžeme najít v Brně (průmyslové parní turbíny), Drásov (elektromotory a generátory), Frenštát pod Radhoštěm (elektromotory), Mohelnice (elektromotory, přípojnícové systémy), Trutnov a Letohrad (nízkonapěťová spínací technika).

1.1 Firma Siemens s.r.o. Mohelnice

Historie závodu začíná v roce 1904, kdy byla založena společnost Ludwig Doczekal & Comp. Podnik pro výrobu elektrických zařízení se sídlem v Mohelnici. Od roku 1924 Siemens v Mohelnici vyrábí nízkonapěťové asynchronní elektromotory. Po druhé světové válce došlo ke znárodnění podniku a jeho přejmenování na MEZ Mohelnice. Siemens do závodu opětovně vstoupil v roce 1994. Od roku 2010 zánik společnosti Siemens Elektromotory s.r.o., začlenění závodu Mohelnice jako odštěpného závodu do společnosti Siemens, s.r.o.

V současnosti patří odštěpný závod Elektromotory Mohelnice mezi přední světové dodavatele nízkonapěťových asynchronních elektromotorů osově výšky AH 63 - 200 mm. Zaměstnává téměř 2100 lidí a svou produkcí vytváří stovky návazných pracovních míst u regionálních dodavatelů. Denně podnik vyrobí téměř 4,5 tisíc elektromotorů.



Obr. 1 Pohled na novou výrobní halu [1]

1.2 Výrobní portfolio firmy Siemens s.r.o. Mohelnice

Jak jsem již napsal výše Mohelnický Siemens je největším evropským závodem na výrobu nízkonapěťových asynchronních elektromotorů osově výšky AH 63 - 200 mm. Na domácí a zahraniční trhy dodává jednofázové asynchronní elektromotory o výkonu 0,09 - 3 kW, trojfázové asynchronní elektromotory o výkonu 0,06 - 30 kW (přes 80% produkce výroby) a trojfázové brzdové asynchronní elektromotory o výkonu 0,12 - 18,5 kW. Jsou určeny k pohonu především průmyslových zařízení, jako jsou ventilátory, čerpadla, kompresory, kovoobráběcí a dřevoobráběcí stroje či hydraulické komponenty.

Elektromotory rozdělujeme podle způsobu provedení, podle velikosti osově výšky hřídele motoru nad podložkou, dle výkonu, dle účinnosti a mnoha dalších aspektů. V současné době je nejrozšířenější řada elektromotorů 1LE1 (provedení s hliníkovou kostrou s vysokou účinností, AH 100 - 160 mm, $P = 0,75 - 22$ kW), následuje starší řada 1LA7 (provedení s hliníkovou kostrou elektromotoru, AH 63 - 160 mm, $P = 0,06 - 18,5$ kW). Celkem máme 11 řad elektromotorů.



Obr. 2 Trojfázový asynchronní elektromotor řady 1LE1
s přírubou a s patkami [1]

1.3 Výroba elektromotoru

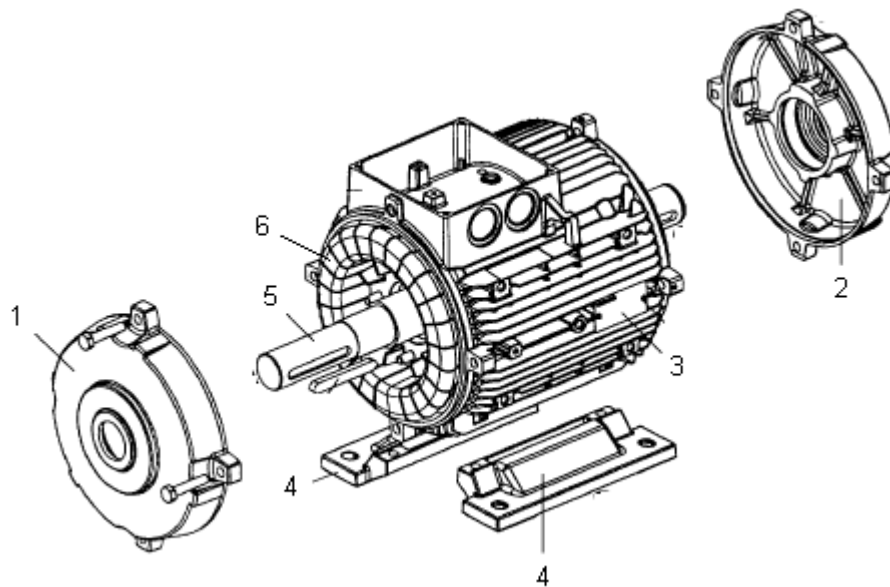
Základem elektromotoru je tzv. magnetický obvod, který je tvořen statorem a rotorem. Stator elektromotoru tvoří statorový paket s drážkami, do něhož se vkládá statorové vinutí. Mezi vinutím a statorovým paketem je izolační materiál (izolační fólie). Vinutí je tvořeno cívkami z měděného smaltovaného vodiče. Tyto cívky jsou do drážek paketu vloženy a vhodným způsobem pospojovány. Jejich konce jsou vyvedeny tzv. přívodními vodiči. Celý svazek je impregnován izolačním lakem. Rotor je tvořen rotorovým paketem, do jehož drážek je zastříknut roztavený hliník. Ten po vychladnutí tvoří kompaktní celek, tzv. surový rotor, do něhož se lisuje hřídel.

Tyto dvě základní komponenty jsou na montážní lince základem pro celý elektromotor. Stator je nalisován do kostry, přívodní vodiče jsou připevněny na svorkovou desku. Na hřídel rotoru se nalisují ložiska. Na jedno z ložisek se nasune ložiskový štít, tento celek se vsune do statoru s kostrou a štít se ke kostře přišroubuje. Z druhé strany elektromotoru se nasune na ložisko druhý ložiskový štít a přišroubuje se ke kostře. Dále se motor opatří ventilátorem a jeho krytem. Na závěr je motor vyzkoušen připojením na elektrickou síť, opatřen výkonnostním štítkem, nalakován a zabalen k expedici.



Obr. 3 Řez elektromotorem [1]

Základní části elektromotoru:



Obr. 4 Části elektromotoru [1]

- 1- přední ložiskový štít
- 2- zadní ložiskový štít
- 3- kostra elektromotoru
- 4- levá a pravá patka
- 5- rotor elektromotoru s hřídelí
- 6- statorové vinutí



2. Analýza stávající technologie výroby

Jako závěrečná část výroby elektromotoru je montáž, která se ještě rozděluje na pracoviště předmontáže a montáže. Montáž elektromotoru se provádí na montážním dopravníku, na kterém se pomocí válečků pohybuje montážní podložka s elektromotorem. Na začátku dopravníku je pracoviště předmontáže, na konci je povrchová úprava elektromotorů. Stávající úseky předmontáže využívají technologie opracování středících nákrůžků a patek elektromotoru a to pomocí technologie Tailor a R5+FGH 32. Na těchto linkách se vyrábí motory ve velkých sériích, nejrozšířenějších typů, které jsou nejvíce požadované zákazníkem.

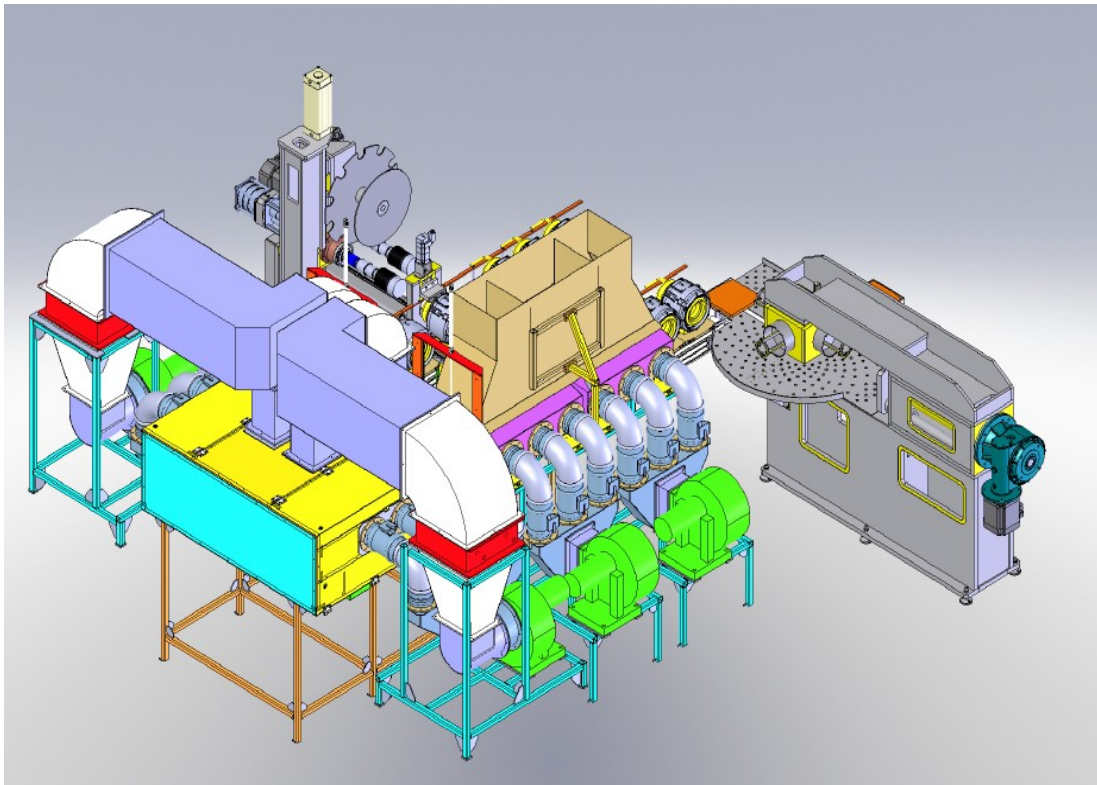
Z důvodu převodu výroby speciálních zákaznických provedení elektromotorů z německého Bad Neustadtu do Siemens s.r.o. Mohelnice, bylo nutné navrhnout nové pracoviště a novou technologii pro závěrečnou část výroby elektromotoru.

2.1 Nové pracoviště předmontáže AH 100 - 132

Protože montážní podložky budou sloužit pouze pro úsek předmontáže, zaměřím se na toto pracoviště, které je učeno pouze pro osové výšky AH 100 až AH 132 mm. Jak jsem již napsal výše, jedná se o speciální zákaznická provedení elektromotorů. To znamená, že jde převážně o kusovou a malosériovou výrobu.

Na úseku předmontáže pracují standardně dva pracovníci v třísměnném provozu. Jeden pracovník má za úkol montáž statorového svazku do kostry. To znamená, že do řídicího systému linky zadá vstupní informace o výrobku (osová výška (AH 100, 112, 132), typa elektromotoru (1LA7, 1LE1), hloubka zalisování do kostry, délka kostry, typ kostry (hliník, litina), doba ohřevu kostry a doba chlazení). Poté již vloží kostru do nahřívacího zařízení, provede zalisování statorového svazku do kostry a odešle montážní podložku se statorem do chladičového tunelu. Zde se ochladí a automaticky se provede operace válečkování vnitřního průměru. Takto připravený stator se po řetězovém dopravníku dostane k druhému pracovníku, který má za úkol obsluhu CNC soustruhu. Zde se soustruží středící nákrůžky kostry a frézují patky na požadovanou osovou výšku. Následuje kontrolní měření a odhlášení výrobní zakázky v systému SAP.

Na obrázku č. 5 je pohled na úsek předmontáže ze zadní strany kde můžeme vidět soustavu ventilátorů chladičového tunelu. Na obrázku č. 6 je pohled na úsek montáže statorového svazku do kostry. V pozadí můžeme vidět zásobník válečkovacích hlav. V následující kapitole si představíme jednotlivé technologické operace trochu podrobněji.



Obr. 5 Model úseku předmontáže (pohled ze zadní strany) [1]



Obr. 6 Skutečný pohled na úsek předmontáže (z přední strany) [1]

2.2 Technologické operace předmontáže

Jako první operace je montáž statorového svazku do kostry. Je dvojího druhu. Montáž statorového svazku do zahřáté hliníkové kostry nebo lisování do litinové kostry za studena. Hliníková kostra se vloží do nahřívacího zařízení (nahřívacího transformátoru NT 7), které zahřeje kostru na teplotu přibližně 260 °C. Vlivem teplotní roztažnosti se otvor uvnitř kostry zvětší natolik, že je možné volné nasazení kostry na statorový svazek. Délka ohřevu se liší podle osově výšky a udává se v sekundách (viz tab. 1). Dle provedení, kvality odlití, apretace a typu kostry se může nastavená doba ohřevu či teplota lišit $\pm 10\%$. Důležitá je vizuální kontrola, zda nedošlo ke spálení kostry.

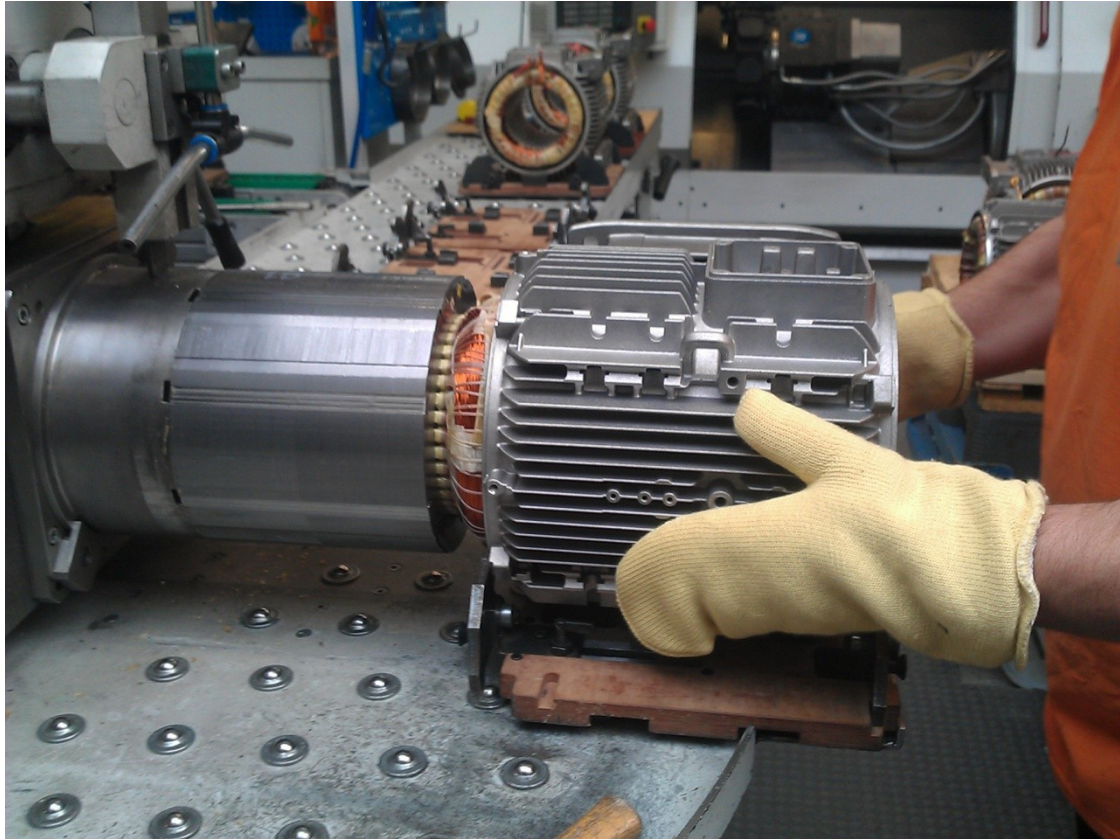
Tab. 1 Délka ohřevu v sekundách

	B3	B5
AH 100	50	45
AH 112	55	50
AH 132	65	60



Obr. 7 Nahřívací zařízení NT 7[1]

Takto nahřátou kostru pracovník pomocí ochranných rukavic položí na montážní podložku a volně nasune na satorový svazek, který je nasazen na trnu (viz obr. 8). V případě zákaznického požadavku na skolíkování satoru s kostrou musí pracovník vyvrtat otvor dle výkresu a naklepnout zajišťovací kolík. Naklepnutí se provádí na trnu, aby nedošlo k poškození satoru.



Obr. 8 Nasazení zahřáté kostry na svazek [1]

U montáže litinové kostry za studena, nasadíme svazek na trn lisu (u větších osových výšek použijeme zvedací zařízení). Nastaví se doraz na hloubku nalisování a kostra se nalisuje na svazek. Svazek je do kostry zalisován silou 50 – 150 kN na hydraulickém lisu. Potřebná síla je dána vzájemným přesahem dílců a také impregnační vrstvou satorových svazků. Takto zalisovanému svazku v kostře se říká sator.



Kostra s nalisovaným svazkem, nebol-li stator, je umístěn na montážní podložce a po valivých hnízdech se přesune k řetězovému dopravníku. Tento řetězový dopravník prochází chladicím tunelem, kde se stator ochladí na teplotu okolí (přibližně na 20 °C). Vzduchové chlazení srazí teplotu statoru na teplotu okolí v rozmezí pěti až osmi minut. Čas ochlazování záleží na velikosti osově výšky. Tato teplota je na výstupu dopravníku kontrolována.

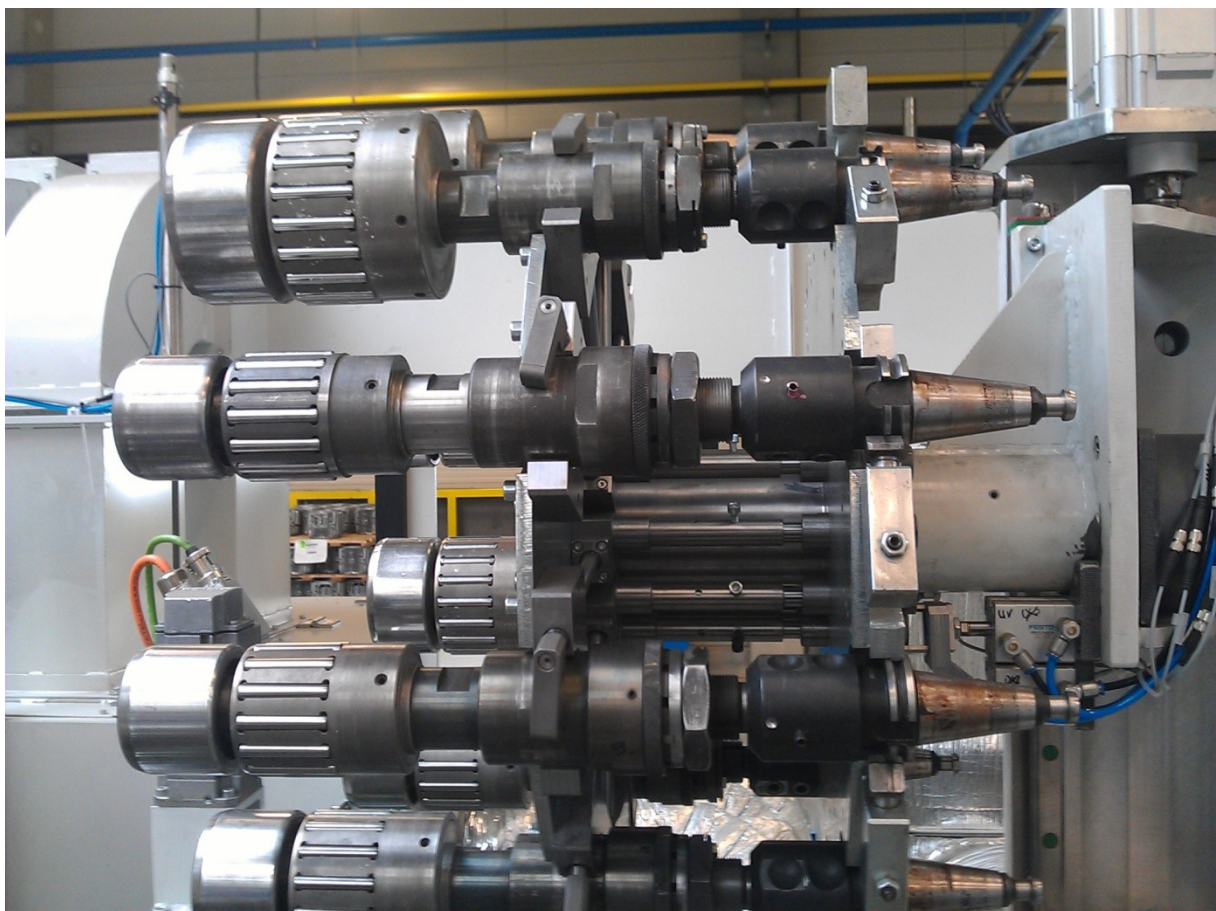
Řetězový dopravník je od firmy Haberkorn Ulmer s.r.o. Typové označení 80 CD MS. Základní rám dopravníku je z hliníkových drážkovaných profilů stavebnicového systému. Ve vodicím profilu je veden kladičkový řetěz umožňující akumulární dopravu montážních podložek. Dopravník tvoří dvě nezávislé větve. V chladicím tunelu následuje automatický přesun z levého dopravníku na pravý dopravník pomocí přechodových rolen.

Za chladicím tunelem je kontrolní bod pro případné dotažení přišroubovaných patek. U hliníkových statorů, totiž dochází vlivem tepelné dilatace k uvolnění šroubového spoje připevňujícího patky ke kostře. Dotažení se provádí roboticky, robot je aktivován kódovou značkou na příslušné montážní podložce se statorem.

Tab. 2 Základní parametry řetězového dopravníku 80 CD MS [2]

Parametry řetězového dopravníku	
Délka [mm]	4000
Šířka [mm]	300
Max. zatížení [kg/m]	150
Rychlost řetězu [m/min]	10-20
Provozní teplota [°C]	15-40
Řetěz	Kladičkový ocelový řetěz
Pohon [V]	3 x 400 (1 x 230)

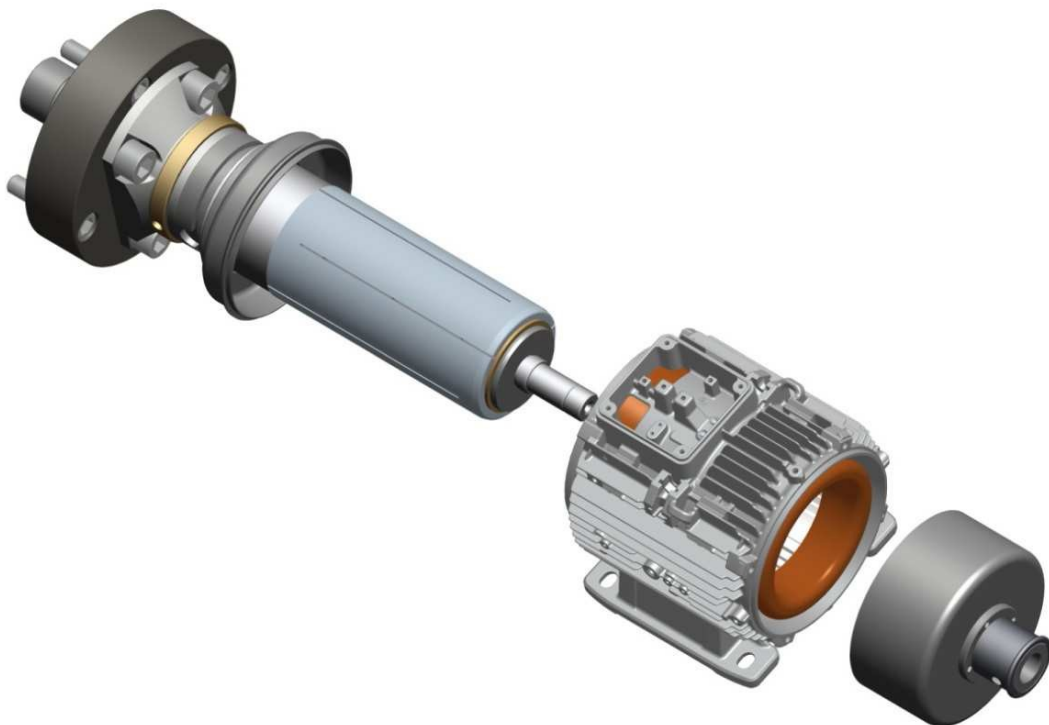
V další operaci se provádí válečkování statorových plechů s horizontálním uložením válečkovací hlavy. Operace se provádí na jednoúčelovém automatickém stroji speciálními válečkovacími hlavami. Každá montážní podložka je označena kódovým znakem pro osovou výšku. Při změně osové výšky provede stroj výměnu válečkovací hlavy ze zásobníku (obr. 9). Statorový svazek se impregnuje za účelem zvýšení životnosti a spolehlivosti elektrického zařízení. Část impregnačního laku ulpívá na hranách plechů. Z tohoto důvodu se před třískovým obráběním zařazuje operace válečkování. Válečkovací hlava očistí plechy statoru na požadovaný průměr. Někdy se stává, že několik plechů není soustředěno ve správné poloze.



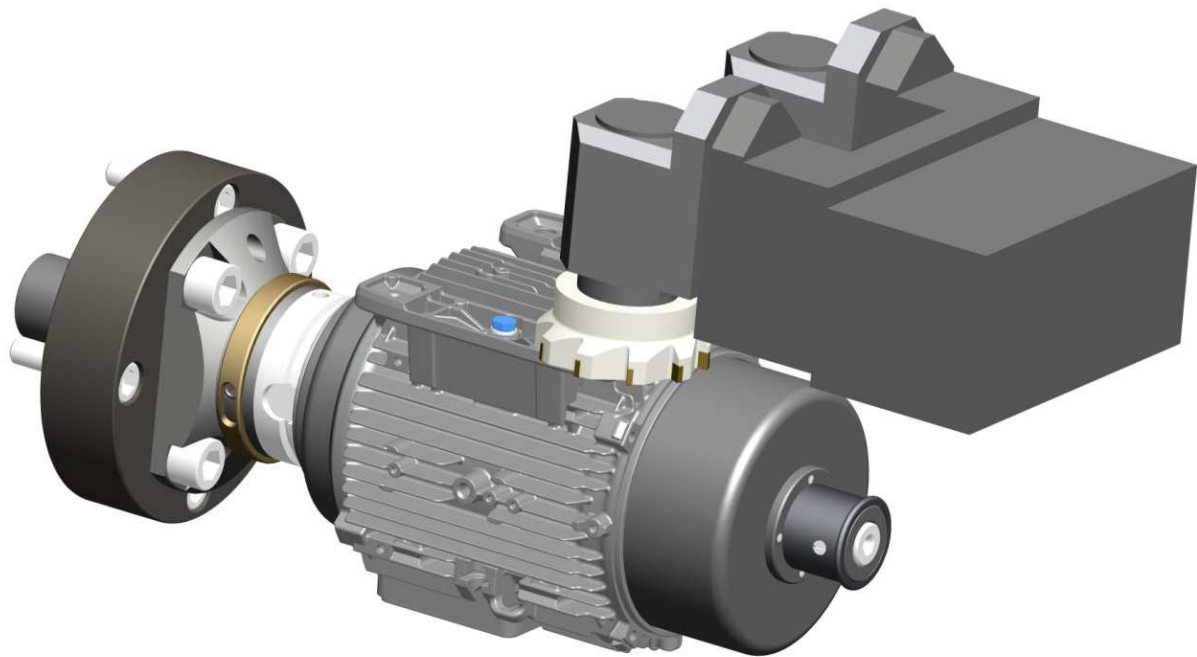
Obr. 9 Zásobník válečkovacích hlav [1]

Takto připravený stator se dostává k poslední operaci na úseku předmontáže. Touto operací je obrábění středících nákrůžků kostry a frézování patek na požadovanou osovou výšku na CNC soustruhu SP 430 MC/2 od firmy MAS Kovosit a.s.

Vyválečkovaný stator se upne za vnitřní průměr na rozpínací kleštinu (obr. 10). Po nasunutí se motor natočí tak, aby dosednul na doraz patek, který je připevněný k dolní nástrojové hlavě. V horní nástrojové hlavě je pro obrábění středících nákrůžků upnuta dvojice soustružnických nožů a pro frézování patek dvojice synchronizovaných frézovacích hlav uložených v převodové skříni (obr. 11). Horní nástrojová hlava umožňuje použití poháněných nástrojů. Zapne se výrobní program stroje a provede naprogramované operace. V řídicím systému stroje je vedený pro každý typ elektromotoru výrobní program. Po dokončení ještě následuje čištění statorů od třísek, vzniklých při obrábění, tlakovým vzduchem. Třísky při obrábění vnikají otvory v upínacích prvcích do vnitřního prostoru statorů a musí se odstranit. Výskyt třísek ve statoru je pro chod elektromotoru nepřipustný.



Obr. 10 Rozpěrná kleština [3]



Obr. 11 Frézování patek [3]

CNC soustruh SP 430 MC/2

Modulární provedení stroje umožňuje sestavit celou řadu technologických variant. Konstrukce stroje zajišťuje vysokou tuhost, vysoký krouticí moment na vřetenu, dynamiku a vysoké rychlosti v jednotlivých osách. Použitím valivého vedení je dlouhodobě zajištěno obrábění s vysokou přesností.

Je výkonný stroj v provedení s koníkem a horním a dolním suportem. Je určen pro univerzální a hospodárné obrábění přírub, hřídelí a součástí z tyče v kusové i sériové výrobě. Modulární stavebnicový systém a široký výběr zvláštního příslušenství splní požadavky zákazníků víceosého obrábění. Výhodu použití rotačních nástrojů oceníme při vrtání a frézování i mimo osu soustružení. Vynikající kombinace výkonu a přesnosti je zaručena zkušeností a konstrukčním řešením jednotlivých strojních skupin. Aplikace valivého vedení ve všech lineárních osách a u koníka, umožňuje vyšší opakovanou přesnost při obrábění. Velký výkon hlavního pohonu je přenášen na vřeteno přes dvojstupňovou převodovku řemenovým náhonem.

SP 430 je vybaven řídicím systémem SIEMENS – SINUMERIK 840Dsl (SOLUTION LINE) s pohony řady SINAMICS. Nový řídicí systém 840Dsl nabízí vysokou modularitu, otevřenost a flexibilitu. Je integrován do pohonového systému Sinamics S120. Spolu s integrovaným PLC systémem S7-300 je tento systém určen pro střední a vysoké nároky. [4]

Tab. 3 Základní parametry SP 430 MC/2 [5]

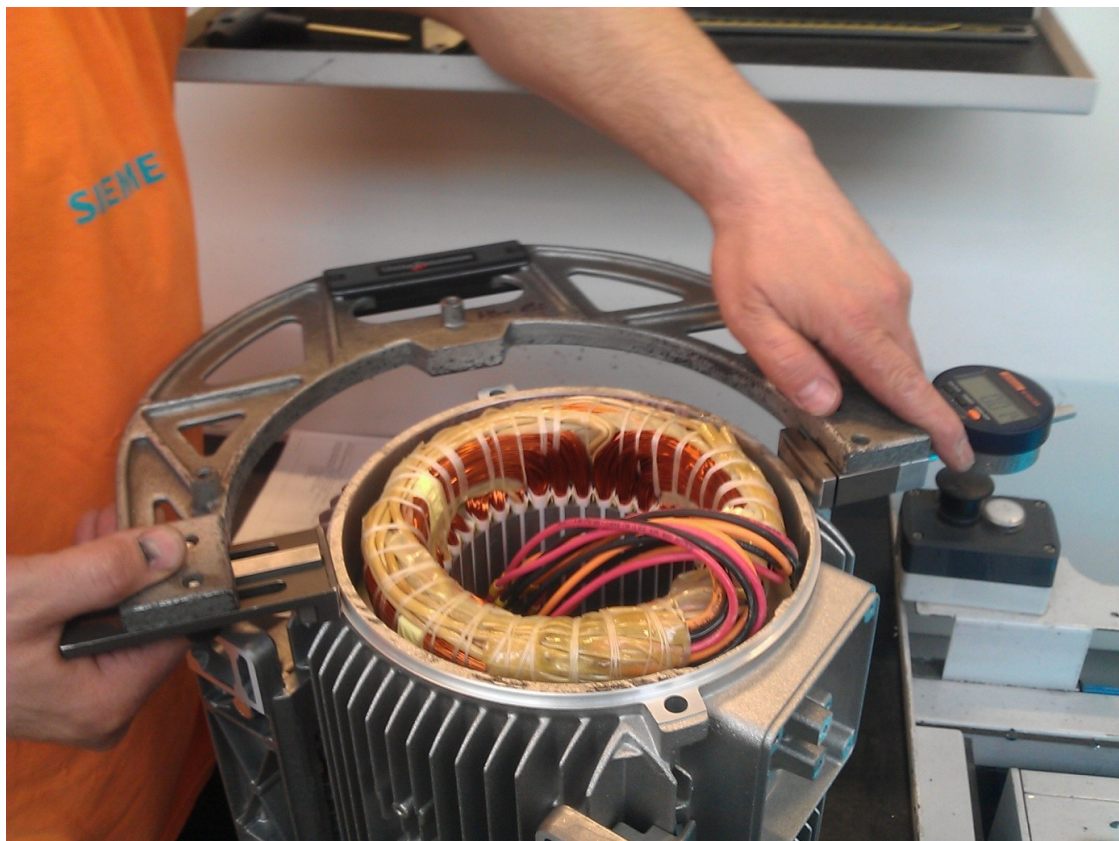
CNC soustruh SP 430 MC/2	
Max. obráběný průměr [mm]	430
Max. délka obrobku [mm]	1100
Oběžný průměr nad ložem [mm]	680
Max. Mk na hlavním vřetenu [N. m]	2106
Max. otáčky vřetena [min^{-1}]	3150
Osa X1 a osa X2	přímé odměřování
Osa Z1 a osa Z2	nepřímé odměřování
Horní nástrojová hlava - počet poloh	12 (6 poháněných)
Dolní nástrojová hlava - počet poloh	8
Rozměry stroje [mm] d x š x v	5591x2594x2402
Hmotnost stroje [kg]	12 200



Obr. 12 CNC soustruh SP 430 MC/2 [5]

Po vyjmutí obrobeného statoru ze soustružnického centra je poslední povinností pracovníka provést kontrolní měření a odhlášení výrobní zakázky v systému SAP.

Kontrolní měření se provádí na každém pátém statoru, kde se zjišťuje průměr obrobeného nákrůžku na přední a zadní straně pomocí digitálního třmenového mikrometru (obr. 13). Dále se provádí měření vzdálenosti obrobené přední a zadní strany nákrůžku posuvným digitálním měřidlem. U obrobených patek se měří osová výška a rovnoběžnost osazení číselníkovým úchylkoměrem, který je upnut v měřicím etalonu.



Obr. 13 Kontrolní měření [1]

Po provedení všech operací stator opouští předmontážní stanoviště a přesouvá se po dopravníku k montážní lince, kde se dále montují svorkovnice, ventilátory, štíty apod.



3. Konstrukční návrh montážní podložky

3.1 Definice a rozdělení přípravků

Přípravky se používají pro usnadnění výroby, zajištění její větší produktivity, hospodárnosti a bezpečnosti. Lze je definovat jako pomocná zařízení určená:

- a) k jednoznačnému ustavení a k pevnému uchycení součástí při jejím obrábění
- b) k vzájemnému přidržení součástí při jejich sestavování v celek
- c) k zajištění dokonalého vedení tuhých nástrojů
- d) ke kontrole rozměrů obrobku

Přípravky rozdělujeme podle rozsahu použitelnosti, operačního určení a podle zdroje upínací síly.

1) podle rozsahu použitelnosti:

- **Universální přípravky** k upínání několika druhů obrobků téhož typu, avšak různých velikostí a tvarů.
- **Speciální přípravky** jsou určeny k upínání jednoho obrobku v určité operaci. Jedná se o jednoúčelová upínací zařízení.
- **Skupinové přípravky**, u nichž je celý přípravek nebo jeho část společná pro skupinu součástí. Tyto přípravky se skládají ze stálých a vyměnitelných nebo seřiditelných součástí.
- **Stavebnicové přípravky**, které jsou sestaveny z typizovaných dílů v požadovaný přípravek.

2) dle operačního určení:

- **Obráběcí přípravky**, v nichž je obrobek upnut v určité poloze vzhledem k nástroji.
- **Montážní přípravky**, které jsou určeny pro přidržování jedné nebo více součástí při jejich spojování v celek.
- **Kontrolní přípravky** slouží ke kontrole rozměrů, tvaru apod.
- **Rýsovací přípravky** slouží k rýsování součástí před obráběním. V dnešní době se již příliš nepoužívají.
- **Pomocné a doplňovací přípravky**

3) podle zdroje upínací síly:

- **Ručně ovládané přípravky**
- **Mechanicky upínané přípravky** – pneumatické, hydraulické, elektromagnetické



3.1.1 Zásady konstrukce přípravků

Hlavní zásadou při konstrukci jakékoliv výrobní pomůcky je hospodárnost. Snahou konstruktéra výrobku musí být již od prvopočátku při dodržení funkčnosti i designu jeho hospodárnost při výrobě. Neúměrně složité, přesné a přemrštěné požadavky si vyžadují speciální nářadí, což vede ke zvýšeným nákladům na výrobu. Další důležitá kritéria přípravků jsou jejich jednoduchost, účelnost, spolehlivost, cena a funkčnost.

Při vlastní konstrukci přípravků je nutno dodržet tyto zásady:

- Před započítím konstrukce musí být přesně stanoven pracovní postup vyráběné součásti.
- U menších sérií a všude tam, kde je to vhodné a efektivní, je nutné stanovit postup tak, aby v přípravku bylo možné provést několik operací.
- Obráběcí plocha musí s ohledem na stabilitu přípravku ležet co nejbližší upínací plochy
- Přípravek se nesmí sám deformovat pod působením řezných ani upínacích sil a zároveň nesmí dovolit deformaci obráběné součásti
- Poloha předmětu v přípravku musí být jednoznačně stanovena
- Obsluha přípravku musí být jednoduchá a pohodlná. Upínání nesmí vyžadovat velkou tělesnou námahu pracovníka.
- Hmotnost přípravku by neměla přesahovat hodnotu stanovenou bezpečnostními předpisy.
- Plochy, které jsou vystaveny opotřebování, by měli projít vhodnou povrchovou úpravou (zušlechtování, kalení, cementování, apod.)
- Při konstrukci je dobré využívat v maximální míře typizovaných a normalizovaných součástí.

Volba materiálu pro přípravky:

Druh a jakost materiálu musí odpovídat účelu a funkci přípravku, namáhání, opotřebení, požadované přesnosti přípravku a jeho výrobní technologii. Materiál se volí také s ohledem na počet montovaných kusů a pracovní prostředí, ve kterém se má přípravek používat, s ohledem na jeho hmotnost a cenu. Pro dosedací plochy, uzavírací a středící součásti přípravků se používají konstrukční a nástrojové oceli. Lehké kovy nebo plasty se používají tam, kde je požadována malá hmotnost přípravku. [6, 7]



3.2 Návrh montážní podložky

Nejprve bylo nutné s technologami z předmontáže stanovit níže uvedená kritéria na navrhovanou montážní podložku, a to z hlediska technologických operací, tvaru upínaného tělesa a nákladů na podložku.

Kritéria návrhu montážní podložky:

1) Z hlediska technologických operací:

Montážní podložka bude sloužit k ustavení kostry elektromotoru pro následnou montáž statorového svazku do kostry. Dále bude sloužit pro přesun do chladicího tunelu po řetězovém dopravníku. Poslední operací je válečkování vnitřního průměru statorových plechů.

2) Z hlediska tvaru upínaného tělesa:

Na montážní podložku musí být možné upnout všechny varianty koster elektromotorů osových výšek AH 100 až 132. Kostra elektromotoru je tvarově velmi složitá a její uchycení na montážní podložku není jednoduché. V mohelnickém závodě se vyrábí kostry elektromotorů s patkami, ale i bez patek. Elektromotory malé řady mají patky odlité přímo jako součást kostry. U velké řady elektromotorů se patky vyrábějí zvlášť a na kostru se přišroubují. Patky slouží k uchycení motoru v případě, že motor nemá přírubu. Příruba je specifický typ zadního ložiskového štítu, používá se k uchycení a napojení hřídele motoru například na tělo převodovky nebo na ventilátor a proto patky v tomto případě nejsou potřeba. Dalším důležitým kritériem bylo, že každá osová výška má jiný průměr a délku kostry.

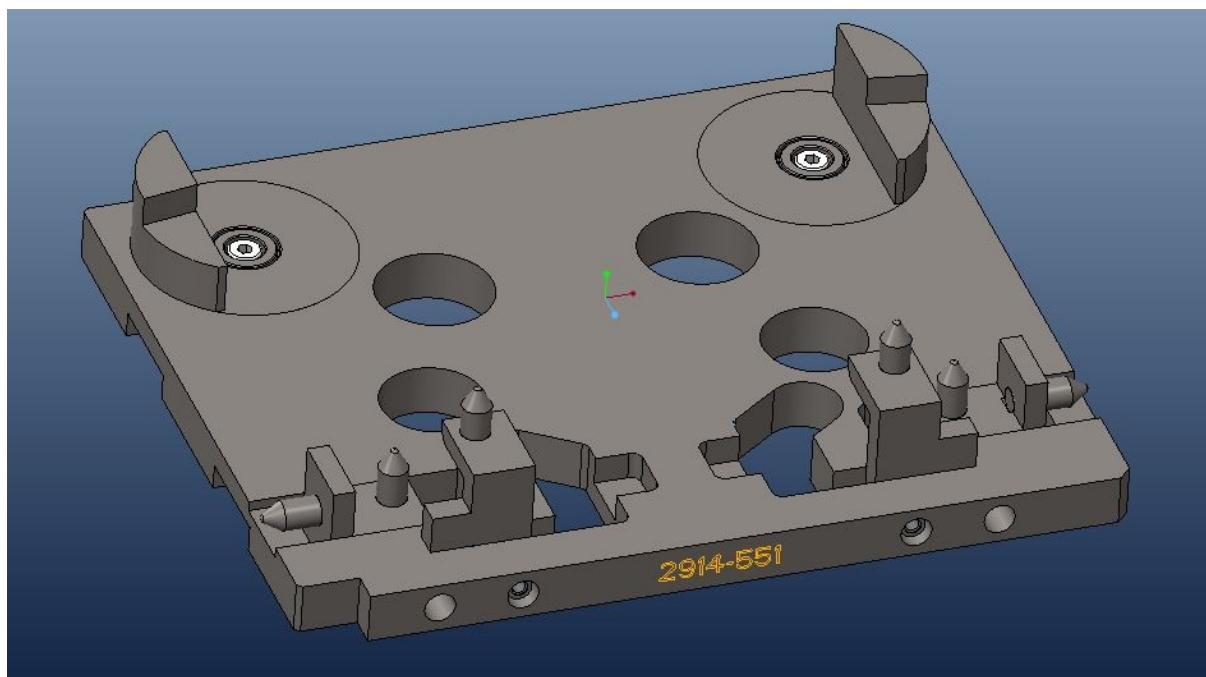
Z těchto důvodů bylo rozhodnuto, že se vyrobí dvě varianty univerzálních montážních podložek. Jedna montážní podložka bude pouze pro elektromotory s patkami (obr. 14) a druhá pro elektromotory bez patek (obr. 15).

3) Z hlediska nákladů:

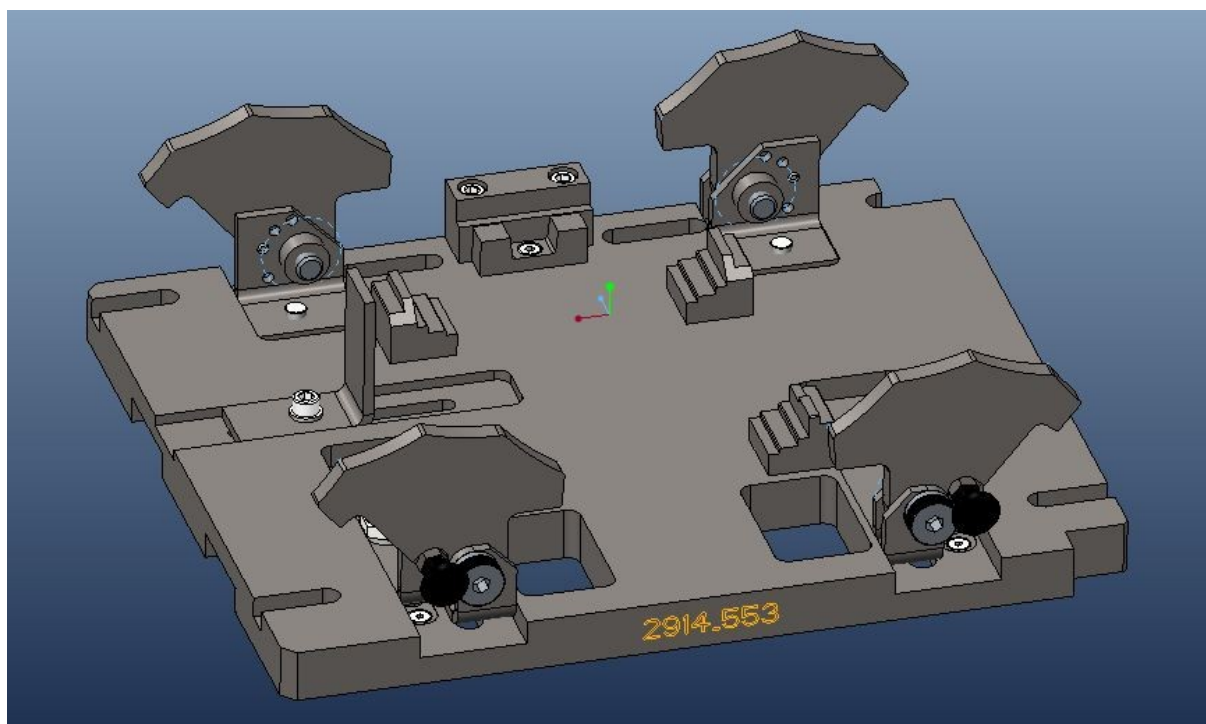
Náklady na univerzální montážní podložku budou vyšší než u původních jednoúčelových montážních podložek. Cena by však neměla být výrazně vyšší.

3.3 Vlastní návrh montážní podložky

Na základě výše uvedených kritérií byla pomocí 3D CAD softwaru zkonstruována montážní podložka pro dvě varianty.



Obr. 14 Model montážní podložky pro elektromotory s patkami [1]



Obr. 15 Model montážní podložky pro elektromotory bez patek [1]

3.4 Konstrukční popis montážní podložky

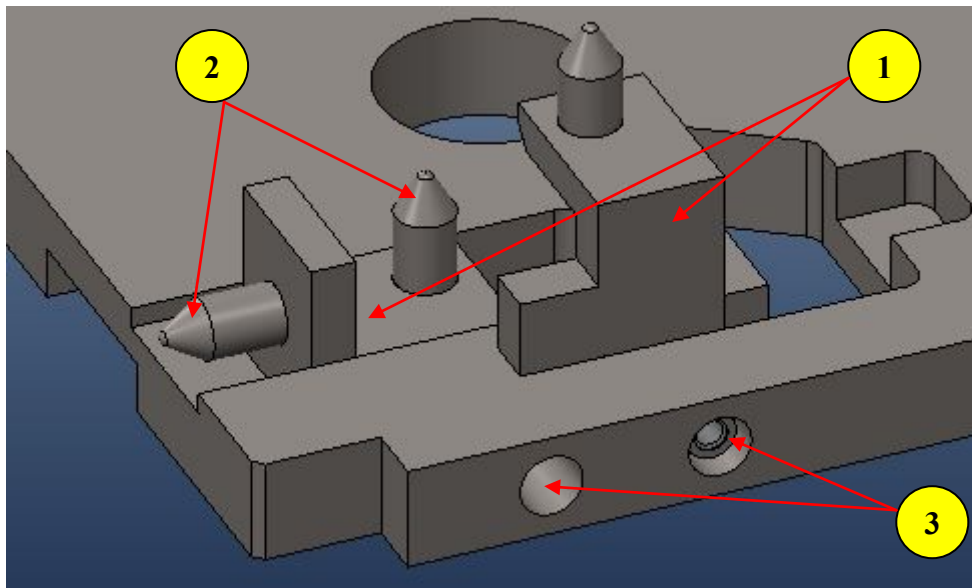
3.4.1 Montážní podložka pro elektromotory s patkami

Montážní podložka je složena ze 14 pozic (z deseti vyrobených dílců a čtyřech normalizovaných dílců). Základem podložky je základová deska o rozměrech 320 x 268 x 20 mm (poz. 1). Jako materiál byl zvolen textit (dříve označován jako pertinax). Textitové desky jsou vyrobeny z bavlněné tkaniny jako výztuže a z fenolické živice jako pojiva. Materiál je charakterizovaný výbornými mechanickými a elektroizolačními vlastnostmi, dobrou opracovatelností, nízkou specifickou hmotností vůči porovnatelným materiálům a odolností vůči vodě, olejům a benzínům. Dobrá odolnost proti slabým kyselinám i při vyšší teplotě.

Tab. 4 Základní mechanické a fyzikální vlastnosti textitu [9]

Vlastnosti textitu	
Měrná hmotnost [g/cm ³]	1,3
Pevnost v ohybu při porušení kolmo na vrstvy, min. [MPa]	110
Modul pružnosti v ohybu [MPa]	7000
Vrubová houževnatost (Charpyho) rovnoběžně s vrstvami, min [KJ/m ²]	7,8
Izolační odpor po ponoření do vody, min. [MΩ]	1
Teplotní odolnost (teplotní index) [T. I.]	120

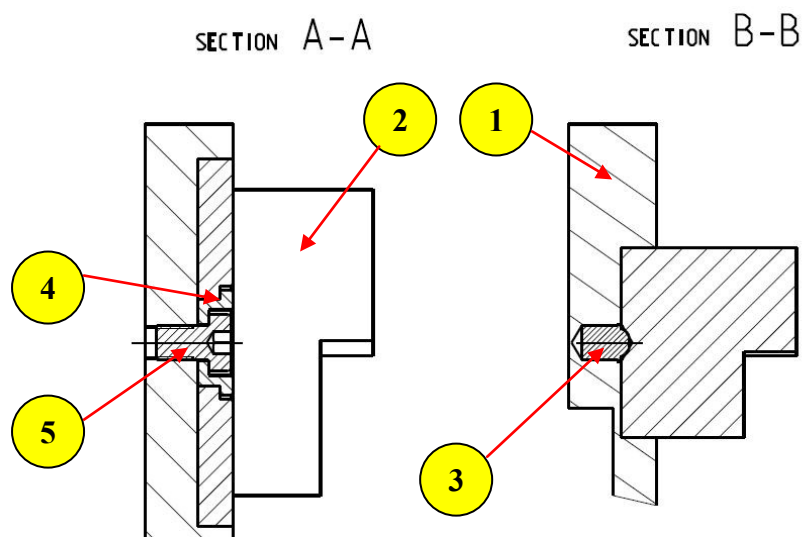
V základní desce jsou zhotoveny čtyři otvory o průměru 45 mm, které slouží pro případné dotažení přišroubovaných patek. U přední strany základní desky jsou na levé a pravé straně usazeny otočné kostky (poz. 2, 3, 4, 5) s hroty (poz. 6, 7). Na tyto hroty se středí patky koster elektromotoru. Protože rozteč otvorů v patkách koster je u každé osové výšky jiná, musíme mít na každé straně dvě kostky s třemi hroty. Hroty jsou zalisované do kostek a tyto kostky jsou spojeny se základní deskou pomocí válcových kolíků s vnitřním závitem z kalené oceli (ISO 8735). Pracovník si podle aktuální osové výšky nastaví příslušnou kostku s hrotem a druhou kostku otočením schová do vybrání, které je zhotoveno v základní desce. Kostky a hroty jsou vyrobeny z oceli ČSN 12050 (DIN C45). Je to konstrukční ocel uhlíková k zušlechťování. Mechanické vlastnosti: mez kluzu $R_e = 650$ až 800 MPa, mez pevnosti $R_m = \text{min. } 540$ MPa.



Obr. 16 Detail otočných kostek s hroty [1]

1 – otočné kostky, 2 – hroty, 3 – kolík ISO 8735

Na protilehlé straně než jsou kostky s hroty, je v základní desce zhotoveno zahloubení $2 \times \text{Ø } 84 \text{ H8}$, do hloubky 8 mm. Do tohoto zahloubení přijde přišroubit otočná dosedací kostka (poz. 8, 9). Na tuto otočnou kostku dosedá zadní část patky kostry elektromotoru. Otočná kostka má osazení a můžeme s ní otáčet o 360° . Ze spodní strany jsou navrtány 3 otvory $\text{Ø } 8 \text{ mm}$ po 80° . V základní desce je zalisovaná pružná opěrka, která slouží pro aretaci. Je to opět z důvodu rozdílných velikostí osových výšek.

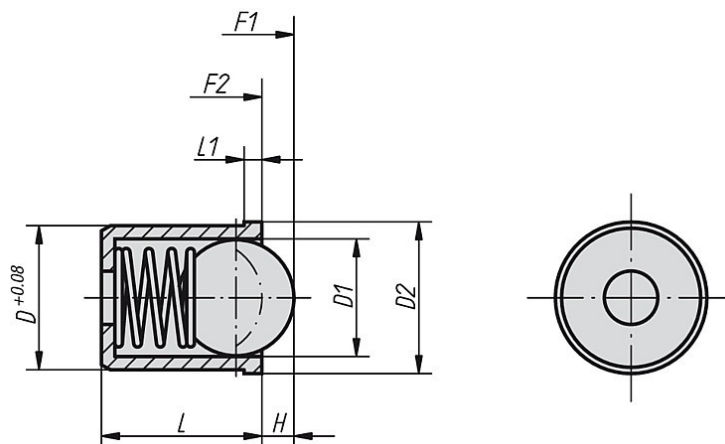


Obr. 17 Řez základní deskou s otočnou dosedací kostkou [1]

1 – základní deska, 2 - otočná dosedací kostka, 3 – pružná opěrka Kipp

4 – otočný kroužek, 5 – šroub M8 x 12 (DIN 7984 A)

Pružná opěrka, hladké provedení je od firmy Kipp (obchodní zastoupení pro českou republiku je firma MAREK Industrial a.s). Byla zvolena velikost kuličky $\varnothing 6,5$ mm. Materiál pouzdra, kuličky i pružiny je ocel. (obr. 18 a tabulka č. 5).

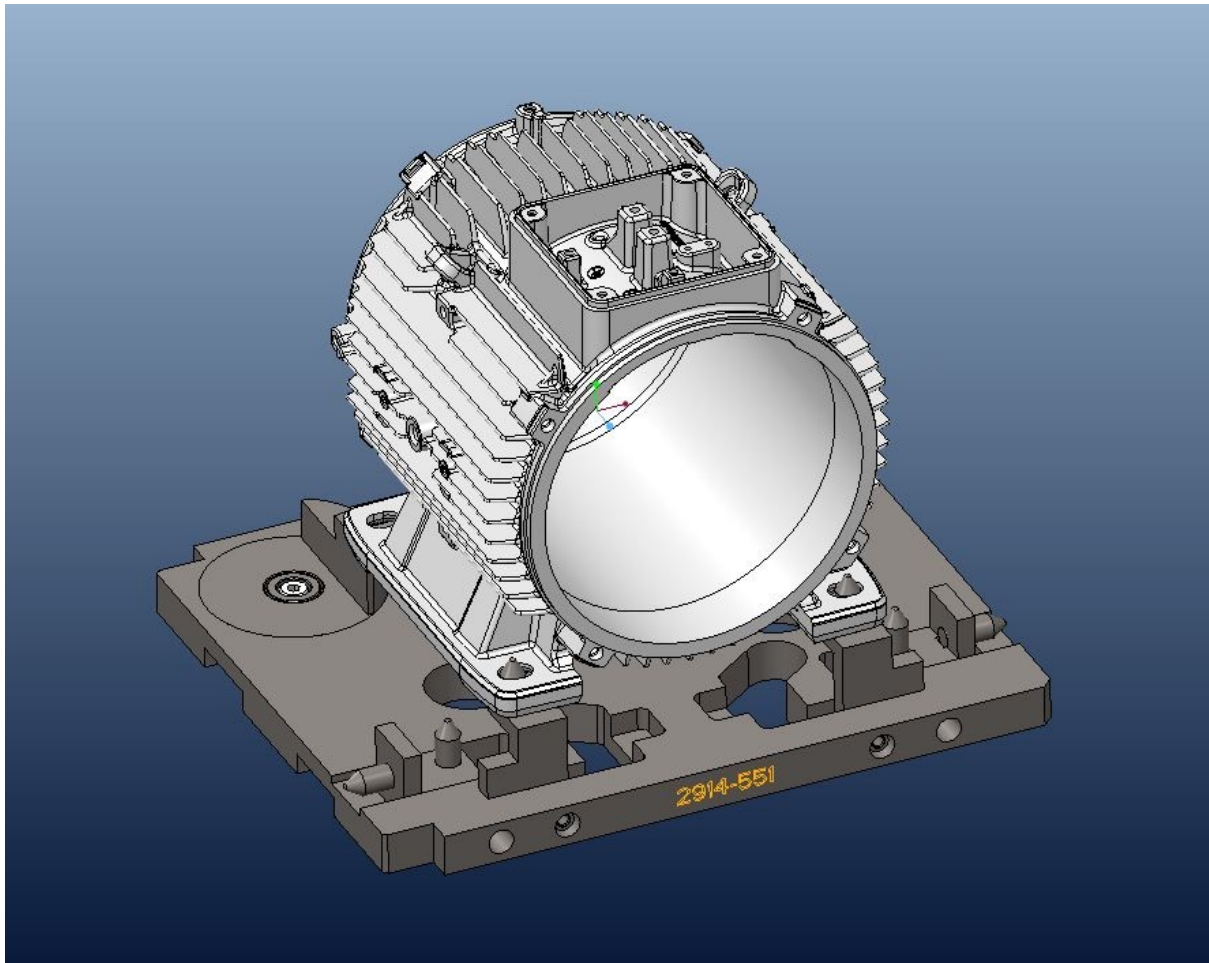


Obr. 18 Řez pružnou opěrkou 03070-08 Kipp [10]

Tab. 5 Rozměry pružné opěrky 03070-08 Kipp [10]

Rozměry pružné opěrky	
$\varnothing D$ [mm]	8
$\varnothing D_1$ [mm]	6,5
$\varnothing D_2$ [mm]	8,5
L [mm]	9
H [mm]	1,8
F_1 síla pružiny na začátku [N]	6
F_2 síla pružiny na konci [N]	12

Na základní desce z boční strany je gravírováno číslo technického výkresu (2914-551). Je to z důvodu označení montážní podložky a také z důvodu snazšího dohledání technické dokumentace v budoucnosti. Celková váha jedné montážní podložky je přibližně 5,5 kg.



Obr. 19 Model montážní podložky s kostrou elektromotoru AH 100 s patkami [1]



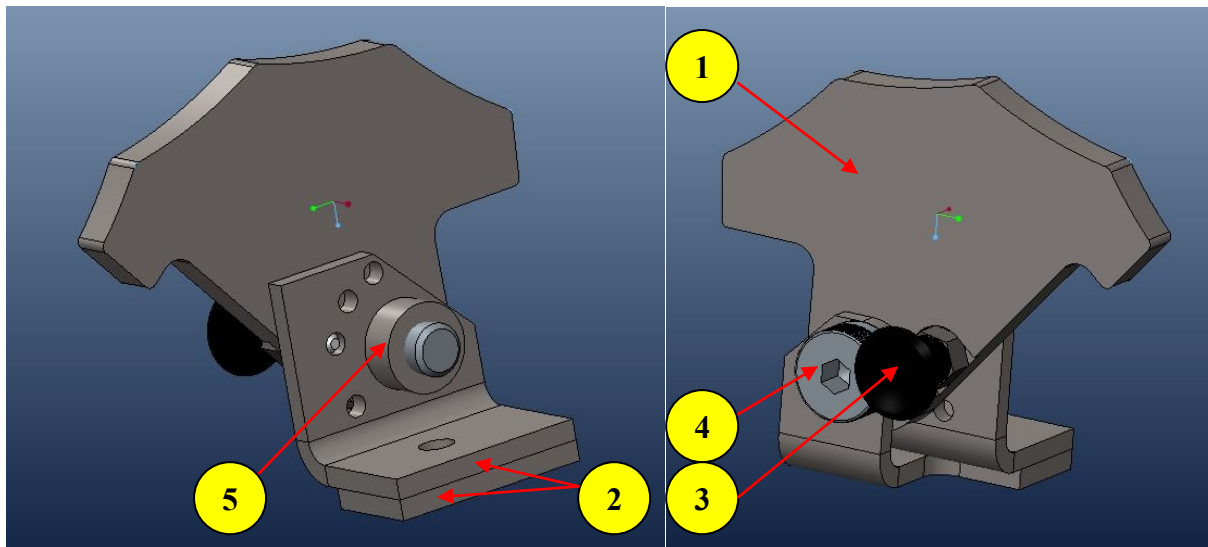
3.4.2 Montážní podložka pro elektromotory bez patek

Tato montážní podložka je konstrukčně složitější. Je to z důvodu, že kostry nemají patky a je těžší ustavit je do vhodné polohy. Jak jsem již napsal výše, kostra elektromotoru je tvarově velmi složitá. Tvoří ji především žebra a výstupky pro šrouby. Pro středění na montážní podložce jsem využil žebra kostry a pro aretaci středící nákrůžky kostry.

Montážní podložka je složena z 22 pozic (z toho jsou čtyři podsestavy). Základem podložky je opět základová deska o rozměrech 320 x 268 x 20 mm (poz. 1) z materiálu textit. K základní desce jsou přišroubovány čtyři kostky (poz. 2, 3, 4, 5) s odstupňováním osazením. Na tyto kostky dosedají žebra kostry elektromotoru. U přední strany základní desky jsou ještě přišroubované dvě kostky (poz. 6, 22). Slouží k dosednutí středícího nákrůžku kostry.

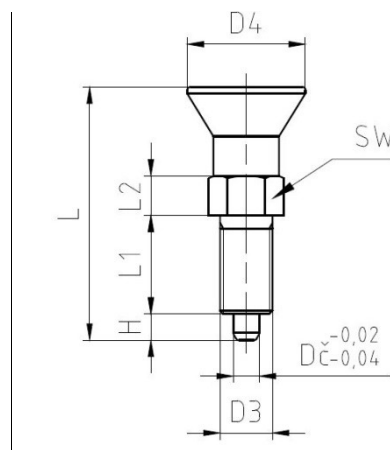
V základní desce jsou zhotoveny čtyři zahlbounění o šířce 40 mm, do hloubky 9 mm. Do těchto zahlbounění přijdou vsadit kratší a delší dorazy (poz. 100, 101, 102, 103). Dorazy kratší jsou k základní desce přišroubovány napevno. Dorazy delší jsou posuvné, kvůli různým délkám koster.

Doraz kratší (poz. 100, 101) je svařenec z oceli ČSN 11343 (DIN USt34-2). Je to konstrukční ocel, tavná svařitelnost zaručena. Mechanické vlastnosti: mez kluzu $R_e = 180$ až 210 MPa, mez pevnosti $R_m = \text{min. } 420$ až 430 MPa. Doraz kratší je složen ze třech vyrobených dílců a třech normalizovaných dílců. Mezi dva ohnuté svařené plechy tloušťky 4 mm přijde vložit otočná zarážka. Tato zarážka má na obvodu zhotoveny rádiusy, které kopírují tvar středících nákrůžků kostry podle osové výšky. Pro otočné spojení zarážky a svařených plechů byl zvolen šroub s válcovou hlavou a osazením M10 x 12 (ISO 7379), který je zašrouben do lisovací matice CLS M10 x 1,5. Pro aretaci zarážky pro příslušnou osovou výšku slouží aretační čep 03089-1004 od firmy Kipp. Jedná se o aretační čep ocelového provedení, kde je aretační kolík kalený a broušený. Povrchová úprava je brynýrování. Hříbovitý úchyt je z tmavošedého termoplastu. Aretační čepy se užívají tam, kde je třeba zabránit změně aretačního nastavení příčnými silami. Teprve až po ručním vysunutí čepu je možné nastavit jinou aretační polohu. (obr. 21 a tabulka č. 6).



Obr. 20 Doraz kratší [1]

1 – otočná zarážka, 2 – svařené plechy, 3 - aretační čep Kipp,
4 – šroub s osazením M10 x 12 (ISO 7379), 5 - lisovací matice CLS M10 x 1,5



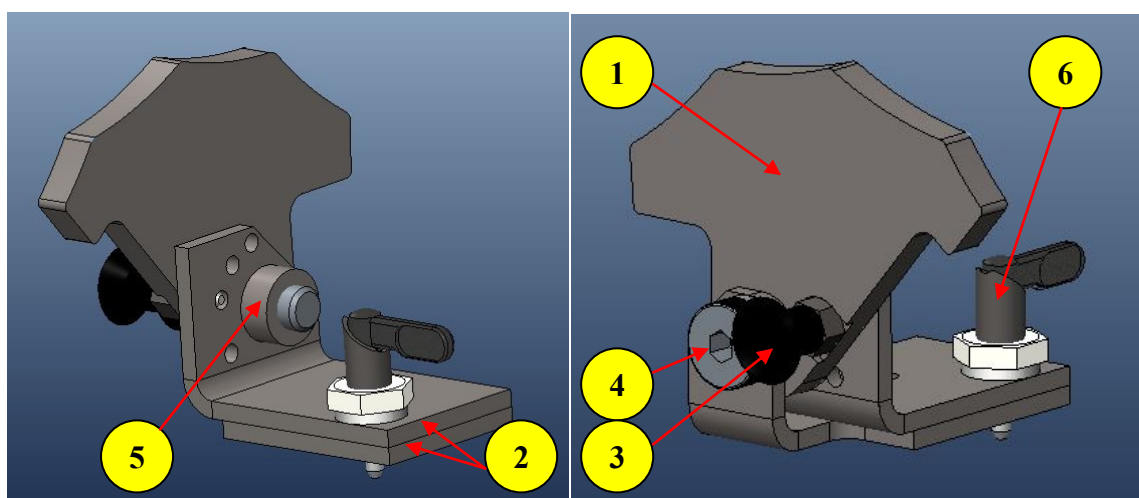
Obr. 21 Aretační čep 03089-1004 Kipp [10]

Tab. 6 Rozměry aretačního čepu 03089-1004 Kipp [10]

Rozměry aretačního čepu	
$\varnothing D_{\check{c}}$ [mm]	4
$\varnothing D_3$ [mm]	M8x1
$\varnothing D_4$ [mm]	18
L [mm]	38,5
H [mm]	4
SW [mm]	10
L_1 [mm]	15
L_2 [mm]	6

Doraz delší (poz. 102, 103) je konstrukčně stejný jako doraz kratší. Jediný rozdíl je v tom, že není napevno přišroubovaný k základní desce, ale lze s ním posouvat podle délky kostry elektromotoru. Pro aretaci nám slouží aretační čep ovládaný páčkou 03099-70410 od firmy Kipp. Jedná se o aretační čep ocelového provedení, kde je aretační kolík tvrzený a broušený. Povrchová úprava je brynýrování. Aretační čepy ovládané páčkou nalézají své uplatnění tam, kde aretační kolík nesmí často vyčnívat. Otočením ramena o 180° se kolík zatáhne. Zaskakovací zářez umožňuje, že páčka drží i v zatažené poloze.

V základní desce je přišroubována ocelová ryska (poz. 17), která slouží jako protikus pro aretační čep ovládaný páčkou. Pro některé typy koster slouží posuvná opěrka (poz. 18).

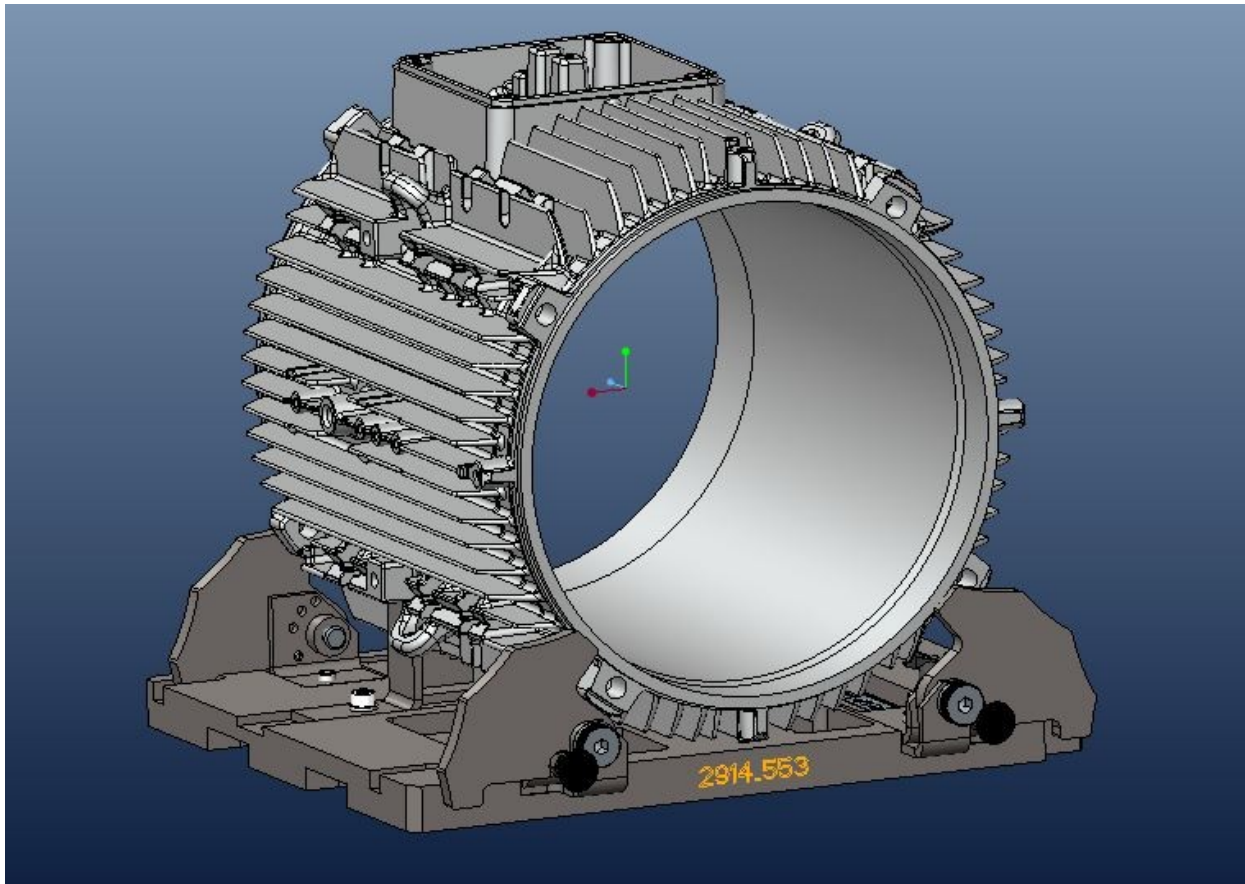


Obr. 22 Doraz delší [1]

1 – otočná zarážka, 2 – svařené plechy, 3 - aretační čep Kipp, 4 – šroub s osazením M10 x 12 (ISO 7379), 5 - lisovací matice CLS M10 x 1,5, 6 - aretační čep ovládaný páčkou Kipp

Všechny ocelové dílce jsou vyrobeny z oceli ČSN 12 050 (DIN C45), pouze svařované plechy jsou z oceli ČSN 11 343. Jako povrchová úprava bylo zvoleno černění. Podstatou černění je zpracování ocelových předmětů ve vařících alkalicko-oxidačních roztocích s přísadou redukční nebo jiné látky. Na povrchu vzniká modročerný až černý povlak směsí oxidů železa. Tloušťka vrstvy je 0,5 – 1,5 μm .

Na základní desce z boční strany je gravírováno číslo technického výkresu (2914-553). Je to z důvodu označení montážní podložky a také z důvodu snazšího dohledání technické dokumentace v budoucnosti. Celková váha jedné montážní podložky je přibližně 6,3 kg.

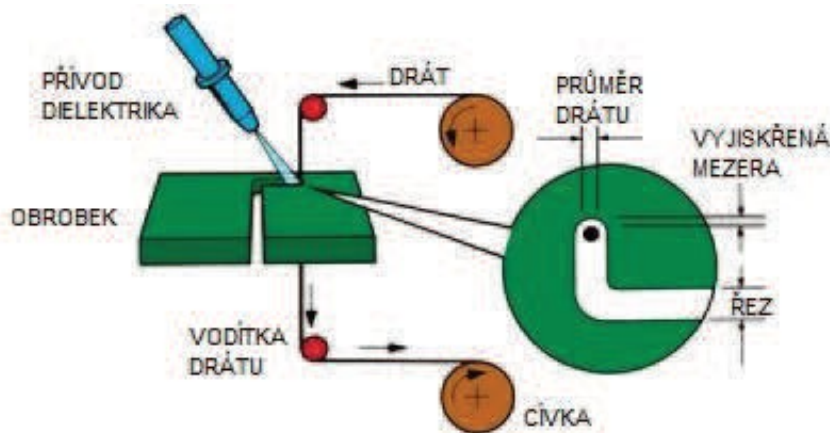


Obr. 23 Model montážní podložky s kostrou elektromotoru AH 132 [1]

4. Výroba montážní podložky

Výroba a následná montáž podložky byla provedena přímo v nástrojárně firmy Siemens s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice. Jednotlivé díly byly vyrobeny na strojním zařízení, kterým nástrojárna disponuje dle dodaných 2D výkresů z konstrukce.

Mezi nejsložitější dílce na výrobu patří základní deska a otočná zarážka, která má po svém obvodu rádiusy různých velikostí. Pro výrobu této otočné zarážky byla zvolena nekonvenční metoda obrábění - elektroerozivním drátové řezání. Elektroerozivní obrábění patří do skupiny obrábění elektrickým výbojem, známým pod zkratkou EDM. Jeho základem je elektroeroze, při které se vlivem vysoké koncentrace energie dosahuje úběru materiálu elektrickými výboji mezi anodou (nejčastěji ji tvoří obráběcí nástroj) a katodou (nejčastěji ji tvoří obrobek). Tímto způsobem se taví a odpařují mikroskopické částičky materiálu obrobku a díky jejich následnému vyplavení z prostoru obrábění, dochází k opracování obrobku do požadovaného tvaru či rozměru. Celý proces obrábění probíhá v prostředí dielektrika, což je kapalina s vysokým elektrickým odporem. Touto metodou lze opracovávat pouze materiály s elektrickou vodivostí, které podléhají zákonitostem elektroeroze.



Obr. 24 Princip podávání a vedení drátové elektrody [11]

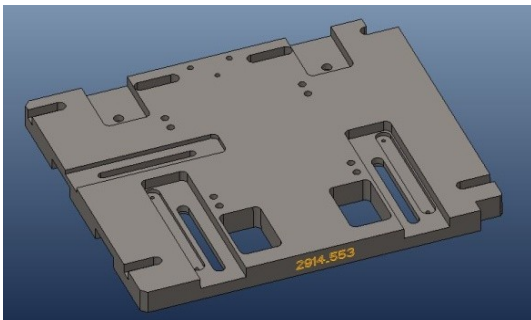
4.1 Technologický postup výroby montážní podložky

Základní deska, č. v. 2_534_2914_553_001

1 ks

Materiál: Textit Hgw 2082

Polotovár: přírez z desky 20 x 272 x 324 mm

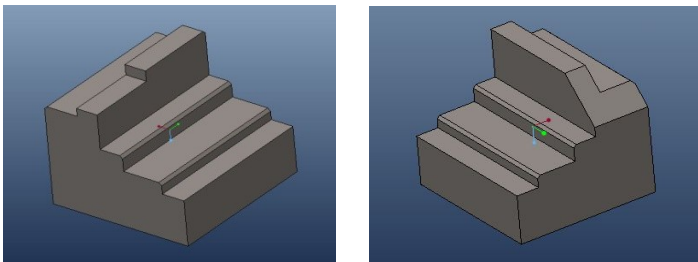
Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0532 (DMC 104V)	21	360	6,21
Kompletně vyhotovit dle výkresu, všechny sražené hrany 45°, drážky a vybrání. Vrtat a zahloubit všechny otvory, vrtat otvory pro závit. Zhotovit označení.				
0020	VN0944 (mechanik)	0	90	1,5
Zhotovit závit, srazit ostré hrany, označení vybarvit červenou barvou				$\Sigma t_{\text{výr.}} 7,71$
				

Kostka I., II.levá+pravá, č. v. 2_534_2914_553_002;003;004;005

1+1+1+1 ks

Materiál: 12 050

Polotovár: tyč plochá 27 x 29 x 31 mm

Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0522 (frézka FA 3)	20	240	4,2
Zúhlovat a tvar na hotovo dle výkresu, označit otvory pro závit				
0020	VN0944 (mechanik)	0	120	2
Vrtat otvory a zhotovit závit, srazit ostré hrany.				
0030	VN0171(kalírna)	0	25	0,42
Černit				$\Sigma t_{\text{výr.}} 6,62$
				

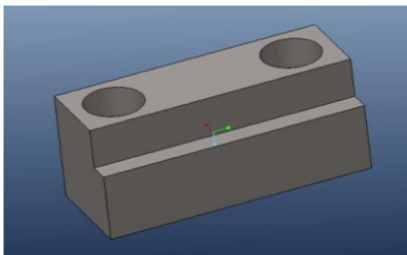


Kostka III, č. v. 2_534_2914_553_006

1 ks

Materiál: 12 050

Polotovár: tyč plochá 23 x 27 x 54 mm

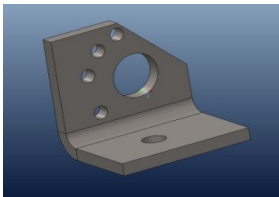
Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0522 (frézka FA 3)	6	42	0,8
Zúhlovat a tvar na hotovo dle výkresu, označit otvory.				
0020	VN0944 (mechanik)	0	30	0,5
Vrtat a zahloubit otvory, srazit ostré hrany.				
0030	VN0171(kalírna)	0	9	0,15
Černit				$\Sigma t_{\text{výr.}} 1,45$
				

Držák I. levý+pravý, č. v. 2_534_2914_553_007;008

1+1 ks

Materiál: 11 343

Polotovár: plech tl. 4 x 43 x 64 mm

Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0522 (frézka FA 3)	12	42	0,9
Zúhlovat obvod a hranu 19 x 45° na hotovo dle výkresu.				
0020	VN0944 (mechanik)	0	36	0,6
Ohnout dle výkresu, srazit ostré hrany.				
0030	VN0471 (souřad. vyvrtávačka WKV 100)	12	24	0,6
Vrtat Ø14 na hotovo dle výkresu, ostatní otvory označit.				
0040	VN0171(kalírna)	0	12	0,2
Černit				
0050	VN0944 (mechanik)	0	12	0,2
Po kompletaci společně s příslušnou pozicí, označit, vrtat a zhotovit závit M8				$\Sigma t_{\text{výr.}} 2,5$
				

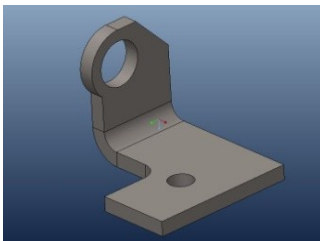


Držák II. levý+pravý, č. v. 2_534_2914_553_009;010

1+1 ks

Materiál: 11 343

Polotovary: plech tl. 4 x 43 x 71 mm

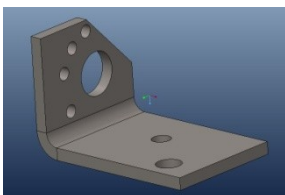
Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0532 (NC-frézka FGSQ 32)	24	60	1,4
Zúhlovat obvod a tvar na hotovo dle výkresu.				
0020	VN0944 (mechanik)	0	36	0,6
Ohnout dle výkresu, srazit ostré hrany.				
0030	VN0471 (souřad. vyvrtávačka WKV 100)	12	16	0,46
Vrtat Ø12 na hotovo dle výkresu.				
0040	VN0171(kalírna)	0	12	0,2
Černit				
0050	VN0944 (mechanik)	0	12	0,2
Po kompletaci společně s příslušnou pozicí, označit, vrtat a zhotovit závit M8				Σt _{vyr.} 2,86
				

Držák III. levý+pravý, č. v. 2_534_2914_553_011;012

1+1 ks

Materiál: 11 343

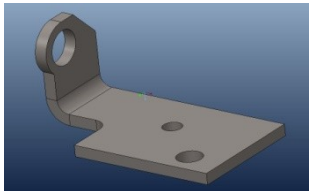
Polotovary: plech tl. 4 x 43 x 93 mm

Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0522 (frézka FA 3)	12	48	1
Zúhlovat obvod a hranu 19 x 45° na hotovo dle výkresu.				
0020	VN0944 (mechanik)	0	36	0,6
Ohnout dle výkresu, srazit ostré hrany.				
0030	VN0471 (souřad. vyvrtávačka WKV 100)	12	30	0,7
Vrtat Ø14 a Ø6,4 na hotovo dle výkresu, ostatní otvory označit.				
0040	VN0171(kalírna)	0	12	0,2
Černit				
0050	VN0944 (mechanik)	0	12	0,2
Po kompletaci společně s příslušnou pozicí, označit, vrtat a zhotovit závit M10				Σt _{vyr.} 2,7
				



Držák IV. levý+pravý, č. v. 2_534_2914_553_013;014 **1+1 ks**

Materiál: 11 343 **Polotovár:** plech tl. 4 x 43 x 100 mm

Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0532 (NC-frézka FGSQ 32)	24	72	1,6
Zúhlovat obvod a tvar na hotovo dle výkresu.				
0020	VN0944 (mechanik)	0	42	0,7
Ohnout dle výkresu, srazit ostré hrany.				
0030	VN0471 (souřad. vyvrtávačka WKV 100)	12	18	0,5
Vrtat Ø12 a Ø6,4 na hotovo dle výkresu.				
0040	VN0171(kalírna)	0	12	0,2
Černit				
0050	VN0944 (mechanik)	0	12	0,2
Po kompletaci společně s příslušnou pozicí, označit, vrtat a zhotovit závit M10				Σ _{t_{výr.}} 3,2
				

Otočná zarážka levá+pravá, č. v. 2_534_2914_553_015;016 **2+2 ks**

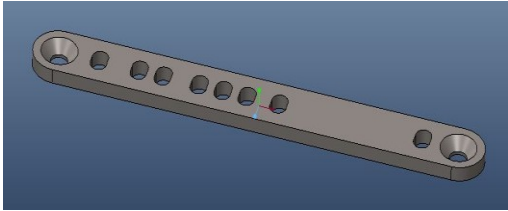
Materiál: 12 050 **Polotovár:** tyč plochá 10 x 85 x 95 mm

Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0522 (frézka FA 3)	24	84	1,8
Zúhlovat obvod a plochy na rozměr 8,2.				
0020	VN0561 (bruska BHP 20)	0	60	1
Plochy brousit na hotovo dle výkresu.				
0030	VN0944 (mechanik)	0	60	1
Označit a vrtat startovací otvor pro EDM, srazit ostré hrany.				
0040	VN0594 (EDM - AGIE)	48	500	9,2
Obvodový tvar na hotovo dle výkresu.				
0050	VN0537 (frézka FN 32)	24	24	0,8
Zhotovit drážku 12 do hl. 2 na hotovo dle výkresu.				
0060	VN0471 (souřad. vyvrtávačka WKV 100)	24	36	1
Vrtat Ø12 H7 na hotovo dle výkresu, označit otvor pro závit				
0070	VN0944 (mechanik)	0	66	1,1
Vrtat a zhotovit závit. Začistit přepalek po EDM a srazit ostré hrany.				
0080	VN0171(kalírna)	0	24	0,4

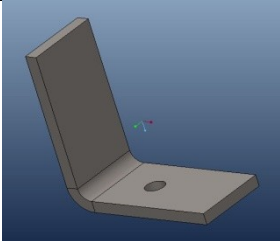


Černit

 $\Sigma t_{\text{výr.}} 16,3$ **Ryska, č. v. 2_534_2914_553_0017 2 ks****Materiál:** 10 004.21**Polotovár:** plech tl. 3 x 16 x 11 mm

Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0537 (frézka FN 32)	6	90	3,1
Zúhlovat obvod, 2 x rádius a 8 x drážku na hotovo dle výkresu, označit otvory.				
0020	VN0944 (mechanik)	0	18	0,6
Vrtat a zahloubit otvory, srazit ostré hrany.				
0030	VN0171 (kalírna)	0	6	0,20
Černit				$\Sigma t_{\text{výr.}} 3,9$

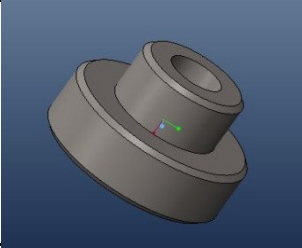
Posuvná opěrka, č. v. 2_534_2914_553_0018 1 ks**Materiál:** 10 004.21**Polotovár:** plech tl. 4 x 28 x 100 mm

Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0522 (frézka FA 3)	6	18	0,3
Zúhlovat obvod na hotovo dle výkresu, označit otvory.				
0020	VN0944 (mechanik)	0	24	0,4
Vrtat otvor, ohnout dle výkresu a srazit ostré hrany.				
0030	VN0171 (kalírna)	0	6	0,1
Černit				$\Sigma t_{\text{výr.}} 0,8$



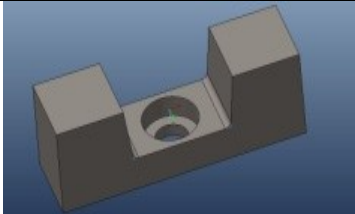
Matice, č. v. 2_534_2914_553_0019 **2 ks**

Materiál: 12 050 **Polotovár:** tyč kruhová Ø 20 x 14 mm

Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0411 (soustruh SV 18)	6	24	0,9
Hotově dle výkresu				
0020	VN0171 (kalírna)	0	6	0,2
Černit				
				Σt _{výr.} 1,1

Kostka IV, č. v. 2_534_2914_553_022 **1 ks**

Materiál: 12 050 **Polotovár:** tyč plochá 14 x 19 x 44 mm

Operace	Pracoviště	Doba seřízení [min]	Doba zpracování [min]	Celkový čas [hod]
0010	VN0522 (frézka FA 3)	6	36	0,7
Zúhlovat a drážku na hotovo dle výkresu, označit otvory.				
0020	VN0944 (mechanik)	0	24	0,4
Vrtat a zahloubit otvory, srazit ostré hrany.				
0030	VN0171 (kalírna)	0	6	0,1
Černit				Σt _{výr.} 1,2



5. Technicko-ekonomické zhodnocení

Univerzální montážní podložka byla navržena speciálně do nové výrobní haly v areálu firmy Siemens s.r.o Mohelnice, pro úsek předmontáže. Vyrábí se zde speciální zákaznická provedení elektromotorů osových výšek AH 100 až AH 132 mm. Jedná se převážně o kusovou a malosériovou výrobu.

Celý projekt nové haly byl předem odhadnut na 200 mil. Kč. Tato částka se musí společnosti Siemens vrátit do 5 let od uvedení do provozu. Je to základní podmínka finanční politiky firmy. Podmínky firmy jsou optimalizace výrobních nákladů, snížení výrobního času a snížení počtu pracovníků na úseku předmontáže.

Stávající dva úseky předmontáže využívají technologie Tailor a R5+FGH 32. Jsou určeny pro výrobu motorů ve velkých sériích. Montážní podložky zde nejsou univerzální, ale každá je určena pro konkrétní osovou výšku. Technologie R5 (soustruh)+FGH 32 (frézka) je kombinace soustružení a frézování. Probíhá na dvojí upnutí, což zvyšuje výrobní čas. Pro celkovou obsluhu této technologie je zapotřebí práce tří dělníků. Na jednoúčelovém stroji Tailor probíhá obrábění na jedno upnutí (obrobí se nákrůžek a patky), ale pro jeho realizaci je zapotřebí zaměstnat dva pracovníky.

Nový úsek předmontáže bude využívat technologii CNC soustruhu SP 430 MC/2. Na tomto soustruhu se na jedno upnutí obrobí satorový svazek a to jedním pracovníkem. Z důvodu převážně kusové výroby byl požadavek na univerzální montážní podložky, které nám zkrátí vedlejší časy ve výrobě.

Tab. 7 Srovnání výrobních časů pro hliníkovou kostru na jeden kus [3]

Časová náročnost operací na předmontáži			
Předmontážní operace	SP430MC/2	R5+FGH32	Tailor
Ohřev [min]	1	1	1
Lisování [min]	0,33	0,33	0,33
Chladnutí [min]	6	6	6
Válečkování [min]	0,66	0,66	0,66
Obrobení nákrůžků [min]	0,7	0,42	0,25
Vrtání díry pro kolík [min]		0,42	0,42
Frézování patek [min]		0,75	0,25
Ofuk statoru [min]		0,25	0,25
$\Sigma t_{\text{předmontáže}}$ [min]	8,69	9,83	9,16



Výše uvedené jednotlivé technologie produkují stejný počet výrobků za směnu tj. 200 kusů elektromotorů. Rozdílné jsou v investičních nákladech a také v tom, že technologie Tailor a R5+FGH 32 jsou určeny pro velké série elektromotorů a technologie SP 430 MC/2 pro kusovou výrobu.

Díky nové technologii SP 430 MC/2 a celého uspořádání úseku předmontáže došlo ke splnění požadavků firmy Siemens oproti starším technologiím. Došlo ke snížení výrobních časů i snížení počtu pracovníků. Z ekonomického hlediska firma ušetřila oproti starším technologiím jednoho až dva zaměstnance. V tomto případě vzniká ve výrobě tzv. výrobní paradox. Pracovník vyrábí stále stejný počet kusů a díky SP430MC/2 má méně práce a o to je spokojenější. Na druhou stranu firma vyrábí požadovaný počet elektromotorů s menšími náklady na mzdy zaměstnanců.

Podíl na snížení výrobních časů má také univerzální montážní podložka. Díky rychlému nastavení můžeme plynule přecházet z jedné osově výšky na druhou a nemusíme se zdržovat vyměňováním montážních podložek. Na úsek předmontáže je potřeba 40 ks univerzálních podložek pro elektromotory s patkami a 40 ks univerzálních podložek pro elektromotory bez patek.



Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zkonstruovat a vyrobit univerzální montážní podložku pro předmontáž elektromotorů osových výšek AH 100 až AH 132 mm. Ta bude sloužit pro novou technologii SP 430 MC/2 v nové výrobní hale firmy Siemens s.r.o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice. Na základě technologických požadavků byla zkonstruována s těmito parametry:

- Dvě provedení montážní podložky pro elektromotory s patkami i pro elektromotory bez patek.
- Univerzálnost montážních podložek. Lze upnout kostry elektromotorů osových výšek AH 100, AH 112 a AH 132 mm.
- Ryhlé přenastavení při změně osově výšky koster pomocí posuvných dorazů a otočné zarážky.
- Z ekonomického hlediska úspora vedlejších časů ve výrobě.

V příloze přikládám výkresy sestavy univerzální montážní podložky. Všechny cíle diplomové práce byly splněny.



Seznam použité literatury

- [1] Interní materiály Siemens s.r.o. Mohelnice včetně inter. stránek <http://www.siemens.com/entry/cz/cz/> a intranetových stránek <https://intranet.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/ozem/Pages/Default.aspx>
- [2] HABERKORN ULMER s.r.o.: *Řetězové dopravníky* [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/retezovy-dopravnik-80cd-ms/>
- [3] TOLLRIAN, Zdeněk. *Technologie opracování středících nákrůžků a patek elektromotoru v systému řízení výroby* [online]. Brno, 2012 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=56782. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Josef Sedlák.
- [4] SIEMENS: *Automation and Control Systems*. [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: http://www.automation.siemens.com/mcms/mc-systems/en/automation-systems/cnc-sinumerik/sinumerik-controls/sinumerik-840/sinumerik-840d-sl/pages/sinumerik-840d-sl.aspx#SINUMERIK_840D_sl_-_Description
- [5] KOVOSVIT MAS, a. s.: *CNC soustruh SP 430/1100*. [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/cz/produkty/technologie-soustruzeni/cnc-soustruhy/sp-430-1100>
- [6] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 193 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-2336-6.
- [7] ČÁSENSKÝ, Milan a Zdeněk FRANTA. *Návody ke konstrukčnímu cvičení z přípravků: určeno pro stud. fak. strojní*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1991, 206 s. ISBN 80-010-0642-5.
- [8] WHITNEY, Daniel E. *Mechanical assemblies: their design, manufacture, and role in product development*. New York: Oxford University Press, 2004, 517 p. ISBN 01-951-5782-6.



- [9] VM Plast s.r.o.: *Desky z tvrzené bavlněné tkaniny*. [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.vmplast.cz/cz/Textilit/>
- [10] KIPP: *Ovládací prvky*. [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: <http://www.kipp.cz/App/WebObjects/XSeMIPSKIPP.woa/cms/page/locale.csCZ/pid.1097.1105.1226/Ovl%C3%A1dac%C3%AD-prvky-normovan%C3%A9-d%C3%ADly.html>
- [11] BARTOŠ, Pavel. *Elektroerozivním drátové řezání* [online]. Brno, 2011 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=39135.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Karel Osíčka.



Seznam příloh

- Příloha A – výkres sestavy montážní podložky pro elektromotory s patkami č.
v. 2_534_2914_551_000
- Příloha B – výkres sestavy montážní podložky pro elektromotory bez patek č.
v. 2_534_2914_553_000